

Rapport d'activités du projet Sérilage année 2015 : rapport scientifique

Introduction

Le projet Sérilage « Sélune : Ecologie et gestion des zones Rivulaires, ripariennes et des Paysages AGRICOLes » a débuté le 26 juin 2014. Le présent rapport d'activité a été achevé le 16 décembre 2015 et fait état des avancées et perspectives par Volet.

Auteurs, participants au projet Sérilage sur l'année 2015:

UMR ESE : Ivan Bernez, Marion Delisle, Isabelle Muller;

UMR LETG-Rennes-Costel : Simon Dufour, Marianne Laslier;

UR INRA SAD-Paysage et ACO Ecologie : Claudine Thenail, Audrey Alignier, Julien Deniau, Elven Lanoë

Volet 1. Suivi des changements dans la végétation aquatique, rivulaire et terrestre à proximité des cours d'eau

Volet 1/ tâche 1 - renaturation des cours d'eau actuellement ennoyés (cours principal et affluents) et de leurs marges

1. Conception d'un dispositif de suivi de la végétation en zone exondée (rédaction : Isabelle Muller & Ivan Bernez, UMR ESE ; post-doctorat Isabelle Muller)

L'arasement de barrage, à travers l'apparition de nouvelles zones exondées qui constituent de nouveaux habitats disponibles, initie la succession des communautés végétales comme une réponse aux nouvelles conditions morphologiques et hydrologiques des berges du cours d'eau. Le projet de recherche vise à 1) évaluer le potentiel de colonisation naturelle de la végétation en identifiant le pool régional d'espèces et en caractérisant les espèces de ce pool (i.e. adventices de cultures, espèces patrimoniales, espèces invasives), 2) comprendre les processus (hydrologie, texture du sol et occupation du sol à proximité) qui régissent l'assemblage des communautés et 3) identifier des traits fonctionnels ou d'histoire de vie communs aux espèces qui initient la succession. Les résultats permettront d'orienter les choix de réhabilitation et de gestion de la vallée après-barrage en fonction des potentialités séminales des sédiments (végétalisation spontanée ou restauration active avec végétalisation orientée par plantation d'arbres visant à limiter la présence d'espèce non désirables).

Nos travaux portent sur 1) l'analyse de la banque de graines des sédiments du lac de retenue de la Sélune, 2) le suivi de la colonisation végétale spontanée à l'échelle globale du lac de retenue et 3) une approche fonctionnelle, basée sur les traits des plantes.

1. Etude de la banque de graines

La banque de graines du sol est un élément important à considérer dans les opérations de restauration écologique, pouvant contribuer à la régénération naturelle de la végétation des berges de cours d'eau. La banque de graines du sol désigne l'ensemble des graines viables non germées persistant dans le sol, possédant une longévité variable allant de 5 à 400 ans et capables de s'exprimer si les conditions le permettent. Ainsi, une estimation des espèces présentes dans le sol permet de prédire la composition potentielle des communautés végétales recolonisant les sédiments du lac de retenue.

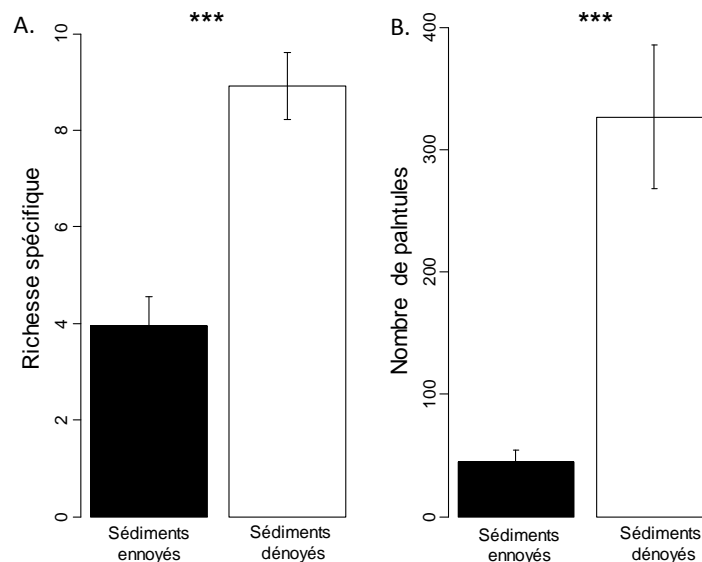


Figure 1 : Moyenne et erreur standard de la richesse spécifique (A) et du nombre de plantules (B) de la banque de graines par litre de sol dans les sédiments ennoyés (barres noires) et dénoyés (barres blanches). Les étoiles représentent la significativité des tests statistiques (*:p<0.001).**

La banque de graine a été échantillonnée en mars 2015 le long du lac de retenue de Vezins selon deux gradients : un gradient longitudinal allant du barrage de Vezins à Saint-Hilaire et un gradient latéral allant du lit mineur de la Sélune (actuellement ennoyé, prélèvement par kayak) aux berges du lac de retenue (sédiment dénoyé). À chaque point d'échantillonnage, un litre de sédiment a été prélevé. Au total, 81 échantillons ont été constitués. Les sédiments ont été étalés dans des bacs de semis et laissés dans une serre afin d'obtenir un maximum de germination. Les plantules ont été identifiées et supprimées. Au total, 20874 plantules ont germées, appartenant à 48 espèces dont 31 espèces caractéristiques de zone humide et des berges de cours d'eau et 2 espèces ligneuses (*Alnus glutinosa* et *Salix aurita*). L'étude de la banque de graines a permis de mettre en évidence la présence d'une espèce protégée sur le territoire de la Basse-Normandie (*Limosella aquatica*, représentant 2% des germinations) et d'une espèce non native (*Veronica peregrina*, représentant moins de 1% des germinations) dans la banque de graine. Sur les 20874 germinations, plus de 70 % appartiennent à *Juncus bufonius*, espèce pionnière de zone humide. La banque de graines des sédiments est bien pourvue en espèces caractéristiques des berges de cours d'eau, et une rapide reprise de la végétation avec recrutement d'espèce ligneuse est attendue après arasement du barrage.

La banque de graines en zone dénoyée présente significativement plus d'espèces et un nombre de germination plus important que la banque de graines en zone ennoyée (Figure 1), probablement dû à l'effet de l'enfouissement des graines, impactant leur viabilité.

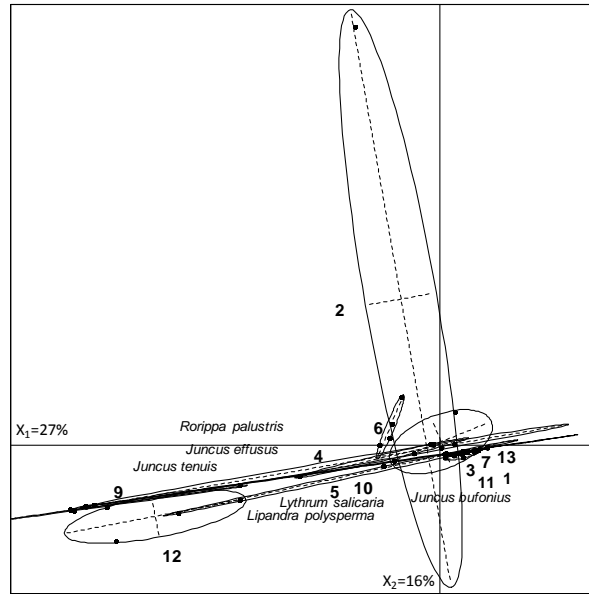


Figure 2 : Premier plan de l'AFC basé sur l'abondance des espèces de la banque de graines de chaque site de prélèvement selon un gradient longitudinal (amont=1, aval =13). Les ellipses sont centrées sur les barycentres des points correspondant à la même position de prélèvement (1 à 13). Pour plus de clarté, seules les espèces présentant les plus fortes contributions aux axes sont présentes sur l'axe.

Les résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC, Figure 2) et de la richesse spécifique (Figure 3) ne montrent aucune structuration liée au gradient longitudinal (d'amont en aval). La végétation serait davantage structurée par un gradient d'humidité. Les données de hauteur d'eau du lac de retenue d'EDF, récupéré en décembre 2015, permettront de répondre à cette hypothèse.

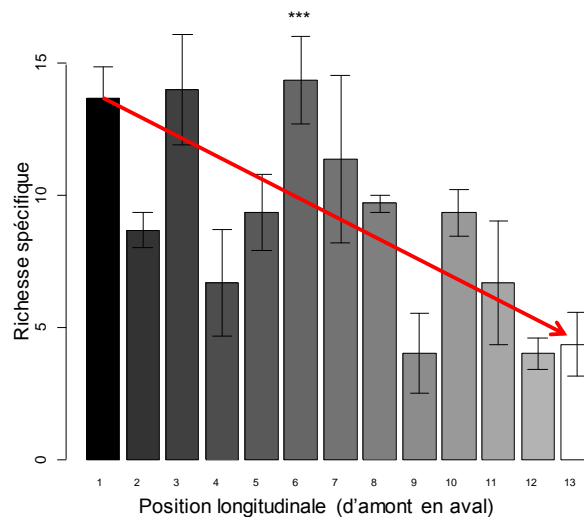


Figure 3 : Moyenne et erreur standard de la richesse spécifique de la banque de graines par litre de sol dans dénoyés en fonction de leur position longitudinale. Les étoiles représentent la significativité des tests statistiques (*:p<0.001).**

Cette tâche a fait l'objet d'une communication, sous forme de poster (Muller & Bernez, 2015) au congrès SER2015 à Manchester, d'une communication orale lors d'un séminaire à l'université de Lisbonne (Laslier et al., 2015) et d'un article de vulgarisation dans le bulletin de la Sélune (Muller & Bernez, 2015).

2. Suivi de la colonisation spontanée à l'échelle globale du lac de retenue

En parallèle à l'étude de la banque de graines et du potentiel germinatif, un suivi de la végétation spontanée a été réalisé aux mêmes points d'échantillonnage de la banque de graines (Figure 4).



Figure 4 : Carte du lac de retenue représentant les différents points d'échantillonnage : la banque de graines dans les zones ennoyées (point bleu) et la banque de graines, ainsi que la végétation spontanée sur les zones dénoyées (point rouge).

Des relevés botaniques (pourcentage de sol nu, abondances des espèces, hauteur maximale, hauteur moyenne, occupation du sol de la parcelle voisine) ont été réalisés dans des quadrats d'un mètre carré en mars, juin et septembre.

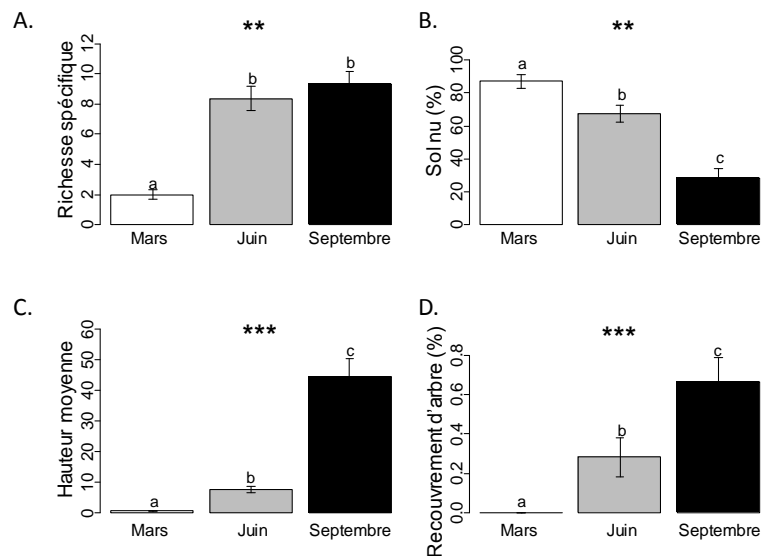


Figure 5 : Moyenne et erreur standard de la richesse spécifique (A), du pourcentage de sol nu (B), de la hauteur moyenne de végétation (C) et du pourcentage de recouvrement d'arbre (D) des communautés végétales en mars (barres blanches), en juin (barres grises) et en septembre (barres noires). Les étoiles représentent la significativité des tests statistiques (***:p<0.001).

Le suivi de la végétation sur les berges dénoyées permet de mettre en évidence une rapide colonisation de la végétation, avec au cours du temps, une augmentation significative de la richesse spécifique, de la hauteur moyenne de végétation, un recrutement significatif d'espèces ligneuses et une diminution du sol nu (Figure 5).

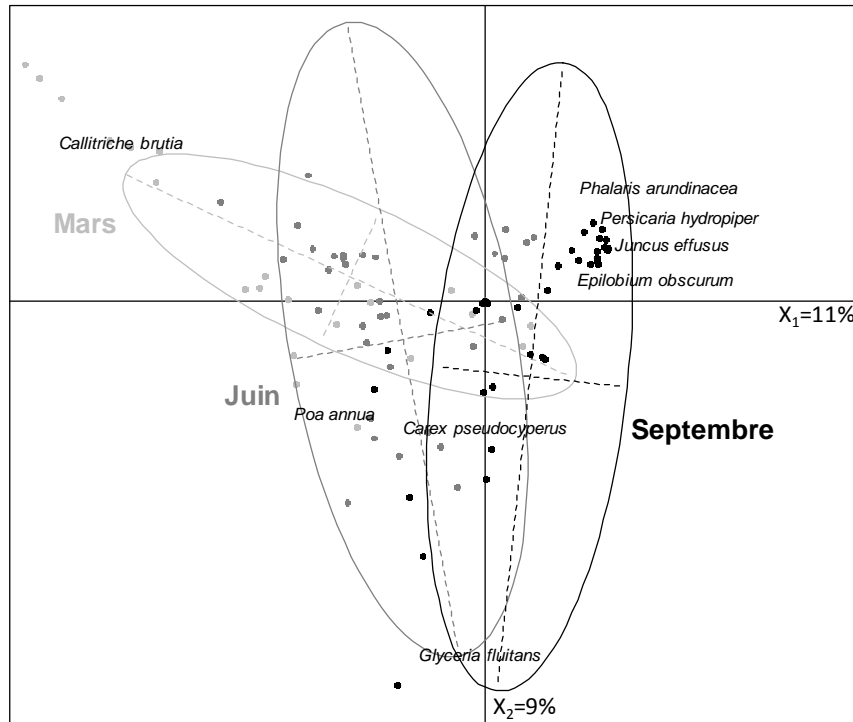


Figure 6 : Premier plan de l'AFC basé sur l'abondance des espèces des communautés végétales en mars (gris clair), en juin (gris foncé) et en septembre (noir). Les ellipses sont centrées sur les barycentres des points correspondant à la date. Pour plus de clarté, seules les espèces présentant les plus fortes contributions aux axes sont présentes sur l'axe.

Une modification de la composition de la communauté végétale au cours du temps a pu être mise en évidence à l'aide d'une AFC (Figure 6), avec remplacement d'espèces aquatiques à des espèces mésohygrophiles, caractéristiques des berges de cours d'eau.

3. Approche fonctionnelle et modélisation de la communauté végétales

L'objectif de cette partie est d'étudier la réponse de la végétation spontanée d'un point de vue fonctionnel. Les traits fonctionnels ont été collectés à partir de bases de données existantes et seront analysés afin d'évaluer le gain fonctionnel après restauration et contribueront à la proposition des plans de gestion et de restauration de la vallée adaptés en fonction des résultats de communautés végétales obtenus. Après une analyse globale des traits fonctionnels, l'accent sera mis sur les traits permettant de stabiliser les sédiments (densité racinaire, forme de vie végétale...), afin de mettre en évidence des espèces clés dans le maintien des berges, le piégeage des sédiments et la réduction de l'érosion.

Un modèle de prédiction des communautés végétales sera construit, à partir des données de banques de graines, de pluie de graines (Volet1/Tache 2.2, thèse de Marion Delisle) et de végétation. Ce modèle permettra de mettre en évidence les facteurs environnementaux (ombrage, humidité, occupation du sol voisin, pente, distance au cours d'eau, distance au barrage) modifiant les communautés végétales (fonctionnelle et spécifique).

2. Caractérisation par télédétection de l'évolution de la colonisation par la végétation dans la retenue du barrage (rédaction : Marianne Laslier et Simon Dufour, UMR LETG-Rennes/Costel ; thèse Marianne Laslier)

En complément des suivis *in situ* réalisés (cf point 2, ci-dessus), une analyse par télédétection a été amorcée selon deux modalités :

- deux sites d'étude à l'amont et à l'aval de la retenue (cf Figure 7) sont suivis par imagerie drone à un pas de temps annuel. Les deux sites ont été photographiés pour la première fois durant l'été 2015.
- un vol Lidar Fullwaveform a été réalisé en juin 2015 sur l'ensemble de la retenue et un second le sera en février 2016. Ces vols devraient servir à extraire des informations sur la végétation (recouvrement, structure) et à extraire la topographie (Ces vols sont réalisés en collaboration avec l'unité Géoscience). Les informations dérivées du Lidar seront complétées et combinées avec des données botaniques, notamment celles acquises par l'UMR ESE.

3. Caractérisation par imagerie drone de l'évolution de la colonisation par la végétation sur une portion de la retenue du barrage (rédaction : Marianne Laslier et Simon Dufour, UMR LETG-Rennes/Costel; thèse Marianne Laslier)

L'objet de cette étude est de suivre la colonisation végétale à une résolution très fine (centimétrique) sur une portion du lac de retenue. Les objectifs sont de cartographier des indicateurs de la colonisation (couverture végétale, communautés) et de tester l'intérêt du drone pour ce type de suivi.

Un suivi par drone à haute résolution spatiale et temporelle (une image tous les deux mois entre janvier et juillet 2015) a été réalisé, en parallèle de suivi réalisé *in situ* (avec le Laboratoire ESE, post-doctorat d'Isabelle Muller) sur le site du pont de la République à l'amont de la retenue. Ainsi, à chaque date d'acquisition drone, des relevés botaniques (abondances des espèces, recouvrement, occupation du sol) ont été réalisés dans des quadrats d'un mètre carré (n=80) distribués le long de transects perpendiculaires au cours d'eau. En plus des acquisitions, l'année 2015 a été consacrée (1) à développer et à tester une chaîne de prétraitement des données drones (CDD d'ingénieur de 3 mois + stage de master 2 de A. Kaleski) et (2) à traiter les 4 missions de la campagne 2015 sur la zone d'étude (Figure 7).



Figure 7 : Localisation des différents sites d'étude : Vezin (aval de la retenue) et République (amont de la retenue, Cf encadré).

4. Cartographie du recouvrement de végétation

Pour chaque mission drone, une orthophotographie du site a été générée par mosaïquage des clichés. Sur la base de cette orthophotographie, un indice de végétation a été calculé et, à partir de cet indice, des indicateurs de texture ont été calculés dans des fenêtres glissantes de un mètre carré (25 par 25 pixels). Une régression non linéaire type Support Vector Machine (SVM) a permis d'établir un lien entre ces indicateurs et le recouvrement végétal mesuré in situ. Ainsi le recouvrement de végétation a été estimé sur toutes les surfaces dénoyées avec une précision moyenne de 70% (Figure 8). Les résultats montrent une végétalisation très rapide dans le temps (quelques mois), mais non linéaire (perte de couvert végétal entre deux dates pour certaines zones et gain de couvert pour d'autres zones).



Figure 8 : Evolution intra-annuelle de la couverture végétale au niveau du pont de la République

5. Caractérisation et cartographie des communautés végétales dans le temps

Une analyse statistique a permis de caractériser la structure des communautés date par date à partir des relevés de végétation. L'analyse statistique a permis de déterminer, pour chaque date, différentes communautés végétales, caractérisées à la fois par leur composition mais aussi par leur structure (fort recouvrement, forte diversité,...). Ces communautés ont ensuite été cartographiées à l'aide d'une classification supervisée de type SVM appliquée à l'orthophotographie drone. Cependant, la faible qualité des cartes produites ($\kappa = 0.3$ en moyenne) ne permet pas de conclure quant à l'intérêt du drone pour la cartographie des communautés végétales.

Les résultats ne montrent aucune structuration évidente des communautés selon un gradient latéral (distance au cours d'eau). Ce qui suggère la présence d'un filtre supplémentaire structurant l'organisation spatiale des communautés. Les observations terrain laissent à penser que la végétation serait structurée selon un gradient d'humidité du sol relié à la microtopographie. Un vol Lidar Fullwaveform devrait être réalisé en février 2016 et devrait permettre d'extraire la topographie du site et de tester cette hypothèse. Ce travail a fait l'objet d'une communication orale (Laslier et al, 2015) lors du congrès international SER2015 (Society of Ecological Restoration) qui s'est tenu à Manchester en août 2015.

L'année 2016 sera consacrée à finaliser les analyses des données drones et à commencer l'analyse des données Lidar.

Volet 1/tâche 2. Suivi des changements en termes de ripisylve et de paysages riverains à l'échelle du réseau hydrographique

1. Analyse dendrologique de la sensibilité des boisements de ripisylve à l'arasement du barrage (rédaction : Simon Dufour, UMR LETG-Rennes/Costel)

En complément des suivis par télédétection, 5 placettes permanentes de suivi ont été établies en 2014 (Figure 9). L'objectif de ces placettes est de compléter l'analyse des changements de composition floristique le long du cours d'eau par une analyse de la réponse des espèces arborées en termes physiologique et notamment de croissance végétale. Concernant le suivi hydrologique, des piézomètres et des capteurs de hauteur d'eau ont été installés depuis 2013 afin de disposer d'une caractérisation de l'état initial de ces placettes. Ce dispositif permettra de suivre l'impact de l'arasement sur l'évolution locale des hydrosédimentaires (position de la nappe notamment). La seule action réalisée en 2015 dans le cadre de ce suivi a été le relevé des piézomètres puisque la réponse de la végétation sera évaluée par dendrochronologie 5 ans après l'abaissement du plan d'eau.

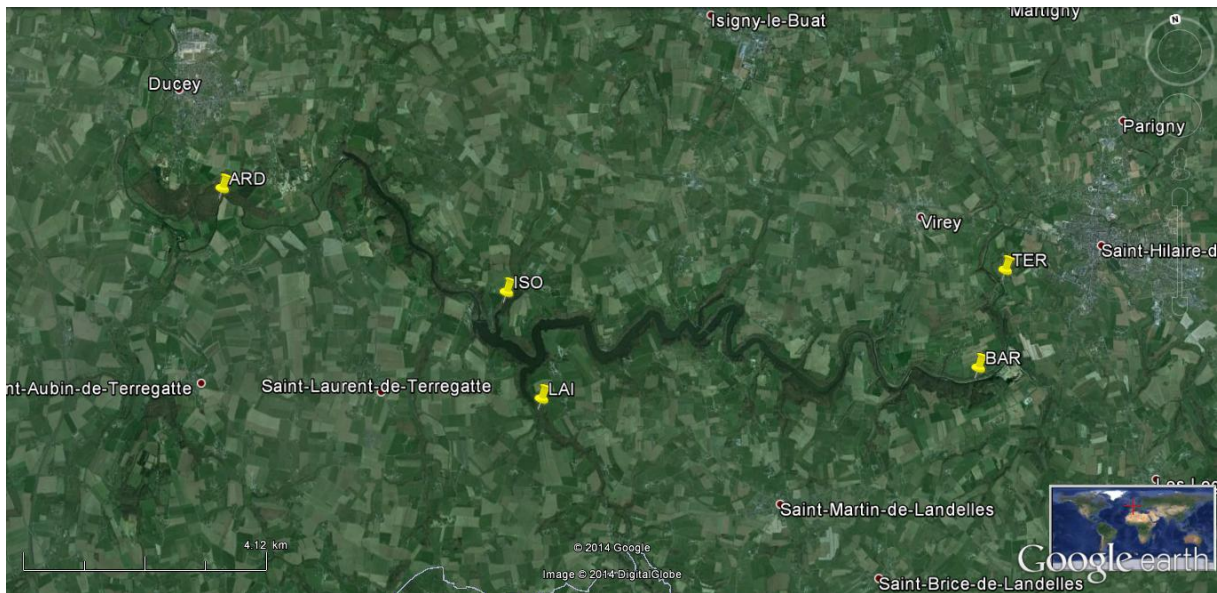


Figure 9 : Localisation des sites de suivi par dendrochronologie : ARD = bois d'Ardennes, ISO = confluence de l'Isolant, LAI = confluence du Lair, BAR = queue de la retenue, TER = bois sous le tertre en aval de Saint Hilaire (Source : google earth)

2. Echantillonnages botaniques en zones ripariennes et recherche de déterminants à l'échelle paysagère (rédaction : Marion Delisle et Ivan Bernez, UMR ESE ; thèse Marion Delisle « Restaurations Ecologiques en Ruisseaux »)

Le programme scientifique de suivi de l'arasement des barrages de la Sélune se concentre principalement sur la restauration écologique du cours principal. Or des travaux de restauration écologique sont également conduits sur les ruisseaux situés à la tête de ce bassin versant. Nombreux et positionnés à l'amont du réseau hydrographique, leur rôle est crucial pour l'atteinte du bon état écologique du cours principal.

C'est à eux que cette étude s'intéresse. Elle a pour objectif de mieux comprendre leur fonctionnement afin de mieux évaluer et orienter leur restauration écologique et leur gestion.

Au-delà du milieu aquatique, un ruisseau est influencé par ses berges et le paysage dans lequel il coule. Des relevés de végétation sont effectués sur les berges de plusieurs ruisseaux (19 en 2014, 18 en 2015, Figure 10) afin de décrire leur structure et les communautés végétales qui les composent. On cherche à comprendre comment le paysage attenant au ruisseau (échelle spatiale) influence la végétation de berge. Différents descripteurs paysagers sont testés à deux échelles. A l'échelle du bassin versant le paysage est décrit par l'occupation du sol dominante et découpé en grandes zones (Figure 8). A l'échelle du ruisseau, on s'intéresse par exemple à l'occupation du sol de manière plus précise (type de cultures, prairies permanentes...) ou au réseau de haies.

En parallèle, le suivi de l'évolution des communautés végétales avant/après restauration écologique, réalisé sur 4 ruisseaux restaurés entre 2004 et 2012 (données antérieures à la thèse) doit permettre de comprendre l'influence de l'échelle temporelle sur la végétation des berges de cours d'eau.

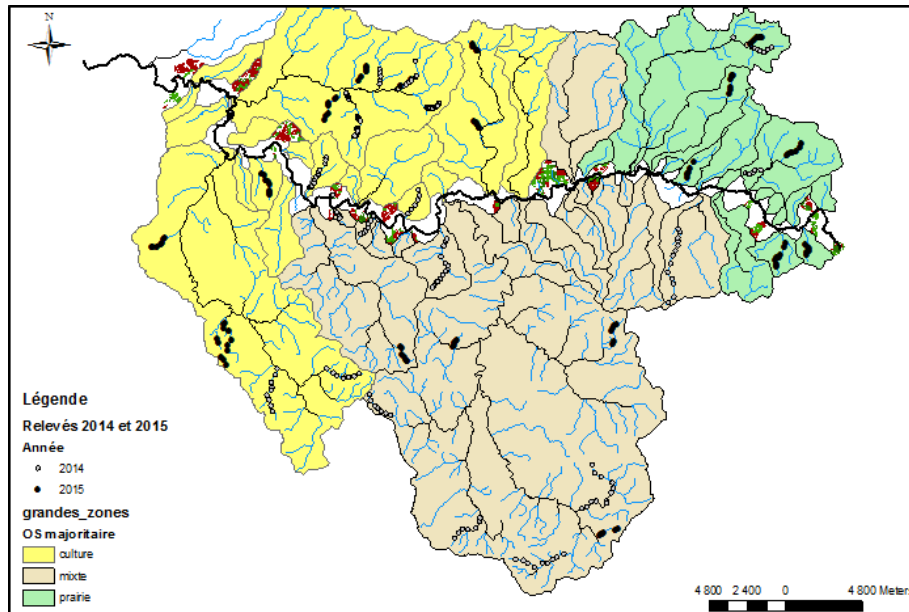


Figure 10 : Relevés de végétation de 2014 et 2015 sur les ruisseaux de tête de bassin versant et occupation des sols dominante par grandes zones paysagères sur le bassin versant de la Sélune

Le stage de master 2 de Audrey Prampart, intitulé « Influence des paysages agricoles sur les communautés végétales de berges en milieu ouvert prairial : compréhension des processus écologiques utiles en restauration écologique des ruisseaux » s'est concentré sur les 18 ruisseaux étudiés en 2015 et a permis grâce à des relevés de végétation dans les prairies adjacentes aux berges et une analyse cartographique de montrer que la gestion locale des berges (présence de clôture) mais aussi l'occupation des sols dominante à une échelle plus large étaient des éléments structurant de la végétation de berge.

La collecte de données pour la thèse est maintenant terminée. Les analyses sont en cours pour comparer les communautés végétales des berges de ruisseaux à différentes échelles spatiales et temporelles afin d'enrichir les connaissances théoriques et permettre à terme de proposer aux gestionnaires des clés pour mieux orienter les actions de gestion et restauration écologique de ces écosystèmes.

Volet 2. Suivi des changements dans les interactions entre zone riparienne, paysage et systèmes agricoles sur les versants.

Afin de caractériser l'évolution des interactions entre les dynamiques du paysage, des systèmes agricoles et de la végétation spontanée, nous proposons de travailler sur une série de paysages répartis le long de la Sélune, de l'amont jusqu'à l'aval du cours d'eau. Cette première phase de

sélection des paysages commune aux 3 tâches du volet 2 est présentée dans un seul et même paragraphe (Tâche 0), ci-dessous.

Volet 2 / Tâche 0 : Caractérisation et analyse de la composition des paysages le long de la Sélune pour la sélection des sites d'étude (rédaction : Audrey Alignier, Julien Deniau & Elven Lanoë, UR SAD-Paysage ; projet d'ingénierie de Julien Deniau)

La sélection des paysages d'une surface de près d' 1km² jouxtant le cours d'eau résulte d'une première phase d'analyse d'images satellite à haute résolution (LANDSAT 2014, nomenclature en 4 classes) par « pseudo-fenêtres glissantes ». La méthode consiste à générer i) des points sur les 2 rives de la Sélune, distants de 500m de cours d'eau et ii) des buffers d'un rayon de 500m autour de ces points (Figure 11).



Figure 11 : Paysages potentiels (N = 700 ; buffer = 500m de rayon) distribués le long de la Sélune

Dans chacun des buffers (N = 700), la composition du paysage a été caractérisée (% urbain, % forêt, % eau, % terres arables). L'ensemble des données ainsi produites constitue une base de données (BDD) spatialisées (toutes les informations relatives à l'emplacement des sites i.e. les coordonnées géographiques, la commune d'appartenance ayant été conservées). Nous nous sommes appuyés sur cette base (BDD) pour sélectionner les paysages sur lesquels nous allons travailler de manière plus précise.

En parallèle de cette phase, nous avons défini un zonage (Amont/Zone des Lacs/Aval) du cours d'eau sur la base de données d'occupation du sol (LANDSAT 2014), géomorphologiques, pédologiques et de la carte des milieux potentiellement humides (Figure 12).

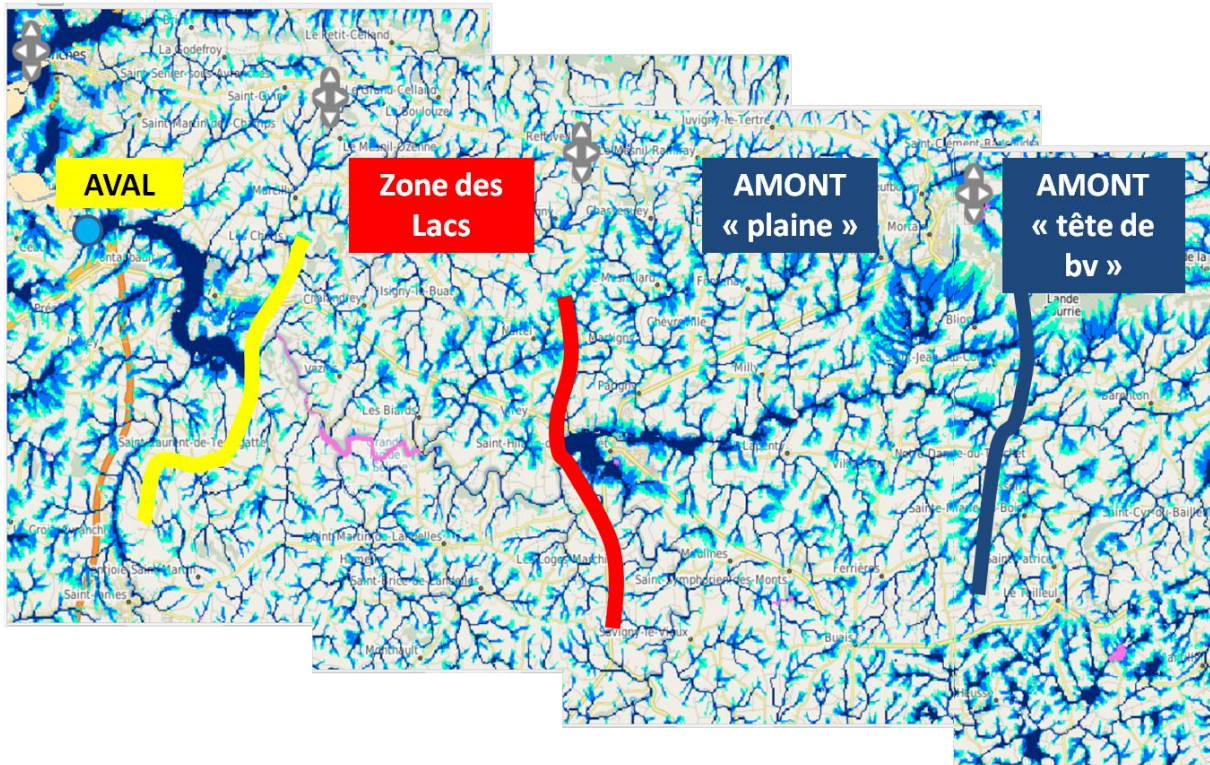


Figure 12 : Carte des milieux potentiellement humides réalisé à partir de données issues du Modèle Numérique de Terrain, sur la perméabilité des sols, etc. (Source : <http://geowww.agrocampus-ouest.fr/web/?p=1538>)

Nous faisons l'hypothèse que les trajectoires d'évolution de la composition du paysage, des systèmes agricoles et de la végétation seront différentes en fonction de ces zones (voir le rappel des hypothèses dans le Volet 2 / Tâche 2).

Au sein de chaque zone, nous avons sélectionné 4 à 5 paysages « candidats » (Figure 13). Ces paysages sont homogènes dans leur composition et représentatifs de la zone à laquelle ils appartiennent. Ils sont considérés comme des répliqués. Une partie des paysages sélectionnés sont communs à ceux du volet 1 de manière à articuler les connaissances acquises entre volets.

Le choix définitif des paysages (prévu pour avril 2016) dépendra d'une phase de vérification « in situ » des données d'occupation du sol, de l'accessibilité au site, de l'autorisation des agriculteurs à circuler sur leurs parcelles (plus de 100 agriculteurs ayant au moins 1 parcelle dans les paysages candidats), ...

Enfin, il est à noter que les avancées de cette tâche ont fait l'objet d'une communication orale (Deniau et al., 2015) lors du congrès international SER2015 (Society of Ecological Restoration) qui s'est tenu à Manchester en août 2015.



Figure 13 : Localisation des 13 paysages « candidats » (4 à 5 paysages par zone) le long de la Sélune

Volet 2 / Tâche 1 : Evolution des systèmes agricoles des zones ripariennes aux paysages de versant

Volet 2 / Tâche 2 : Evolution écologique des liens entre zone riparienne et paysage des versants sous l'angle de la végétation spontanée (rédaction : Audrey Alignier & Elven Lanoë, UR SAD-Paysage ; projet d'ingénierie d'Elven Lanoë)

1. Hypothèses et objectifs

Nous avons identifié trois grandes zones le long de la Sélune : i) la *zone des lacs* comprise entre les barrages de Vezins et de la Roche qui boit, ii) la *zone aval*, à l'aval des lacs actuels (entre le barrage de Vezins et la baie du Mont-St-Michel) et iii) la *zone amont*, à l'amont des lacs actuels (ou tête de bassin du cours principal de la Sélune amont)(cf Volet 2/Tâche 0).

Nous faisons l'hypothèse que la *zone aval des lacs*, où les terres agricoles sont en contact direct avec le cours d'eau, fera l'objet d'évolutions marquées en termes de conditions hydrodynamiques et sédimentaires. Les trajectoires d'évolution des paysages agricoles (intensification, extensification voire abandon des terres) dans cette zone seront probablement hautement marquées par l'arasement des barrages. La *zone des lacs*, distante du cours d'eau du fait du relief, verra apparaître des zones exondées dont les sédiments seront rapidement colonisés par la végétation. Les trajectoires d'évolution des paysages agricoles dans cette zone seront vraisemblablement peu marquées par l'arasement des barrages. Enfin, la *zone amont* où les terres agricoles sont en contact direct avec le cours d'eau, ne sera probablement pas ou sera moins affectée par les changements de régime hydrologique que la *zone aval*. Les trajectoires d'évolution ses paysages agricoles seront probablement plus modérés qu'à l'aval.

Nous faisons l'hypothèse que ces différentes trajectoires d'évolution des paysages en fonction des zones se traduiront par une modification différente des peuplements végétaux le long de la Sélune.

Notre objectif est d'établir un dispositif qui permette 1) de réaliser un diagnostic de l'état de la végétation des paysages agricoles le long de la Sélune (état de référence) et 2) de réaliser un suivi des évolutions de la flore au regard des interactions entre systèmes agricoles et paysage. Enfin, ce dispositif devrait contribuer à faire le lien entre la végétation (composition et dynamique) observée au sein des paysages agricoles (Volet 2) avec la végétation colonisant les zones exondées (Volet 1).

2. Protocole pour le diagnostic de la flore des paysages agricoles le long de la Sélune

Le protocole de diagnostic/suivi de la végétation le long du cours d'eau se focalisera sur 2 types d'éléments caractéristiques des paysages agricoles : i) les éléments surfaciques, et ii) les éléments linéaires.

Une première phase de test de protocoles a été lancée en septembre 2015 sur des paysages agricoles de la Zone Atelier Armorique (pour lesquels nous avons l'autorisation des agriculteurs pour circuler sur leurs parcelles). Cette étape préliminaire nous a permis 1) d'évaluer le temps nécessaire pour réaliser des relevés floristiques exhaustifs et des relevés simplifiés, 2) de calibrer la méthode d'échantillonnage (nombre de quadrats par transect, nombre de transects par parcelle, localisation des transects), et 3) dimensionner la taille de notre échantillonnage (nombre de parcelles par paysage).

Au sein de chaque paysage, 3 parcelles agricoles seront sélectionnées selon un gradient de « naturalité » croissant avec idéalement, une parcelle en culture, une parcelle en prairie temporaire et une parcelle en prairie permanente. La flore exhaustive de chaque parcelle sera échantillonnée au moyen de 2 transects (l'un au bord, l'autre au centre de la parcelle) constitués chacun de 10 quadrats de 1m² (soit une surface égale à l'aire minimale pour l'échantillonnage des communautés en milieu prairial) (Figure 14 A.).

De plus, les bordures de champs, qui contribuent à la connectivité des paysages et favorisent la dispersion des espèces, seront échantillonnées. Chaque paysage sera partitionné en 3 sous-zones (distale à proximale) en fonction de la distance au cours d'eau. Au sein de chaque sous-zone, un ensemble aléatoire de 5 à 6 bordures de champs sera échantillonné (Figure 14 B.) à l'aide de relevés floristiques simplifiés (indicateur Ecobordure). Le nombre restreint d'espèces suivies par l'indicateur Ecobordure (N = 31) permet d'augmenter le nombre de bordures suivies, ce qui n'aurait pas été possible avec des relevés floristiques exhaustifs.

En fonction de la composition/configuration des paysages, l'accessibilité aux parcelles, l'autorisation des agriculteurs à circuler sur leurs parcelles, nous pourrions être amenés à modifier ce protocole.

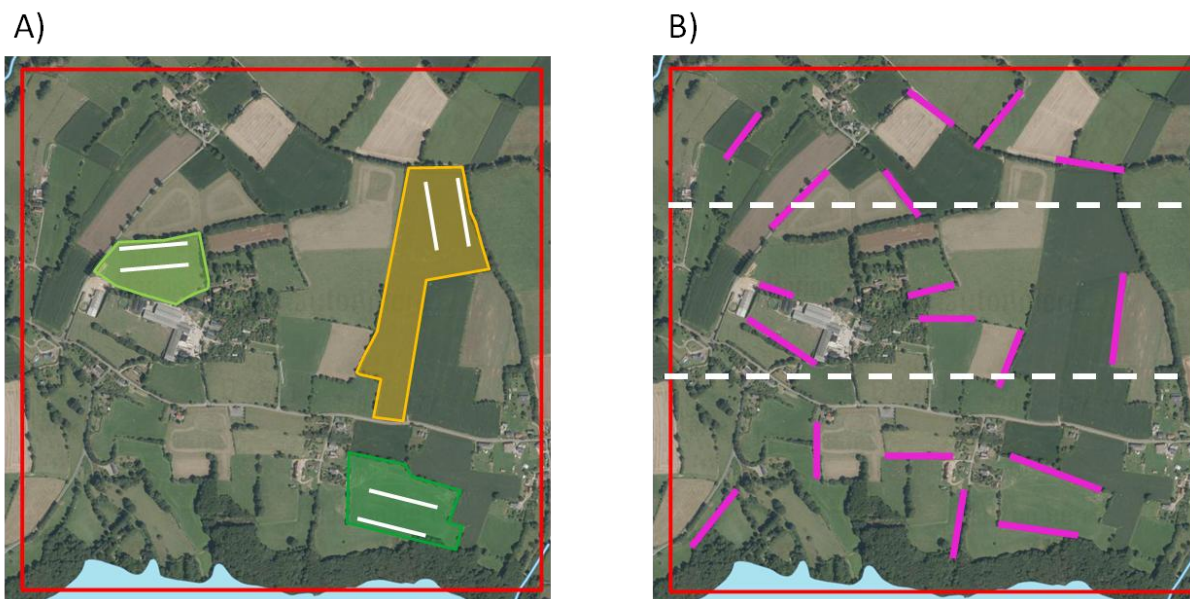


Figure 14 : Illustration schématique du protocole d'échantillonnage A) des éléments surfaciques (3 parcelles par paysage, 2 transects par parcelle) d'un paysage agricole, B) des éléments linéaires (5 à 6 bordures par champs par sous-zone, 3 sous-zones selon un gradient de distance au cours d'eau)

Cette tâche a également fait l'objet d'une communication, sous forme de poster (Alignier et al., 2015) au congrès SER2015 à Manchester.

Volet 2 / Tâche 3 : Evolution passée et suivi des paysages de versant par télédétection (rédaction : Audrey Alignier & Julien Deniau, UR SAD-Paysage ; projet d'ingénierie de Julien Deniau)

1. A l'échelle des paysages sélectionnés

Cette phase se décompose en 2 étapes : d'une part, la caractérisation fine de l'occupation du sol des paysages candidats et d'autre part, la reconstitution de l'évolution de ces paysages au cours du temps. Cette phase doit nous permettre de caractériser la structure et la dynamique des paysages agricoles qui sont des déterminants potentiels de la biodiversité.

L'étape de caractérisation fine de l'occupation du sol des paysages doit permettre i) de valider la sélection des paysages (en termes d'homogénéité par zone, en considérant les bois, les cultures, les prairies et le bâti) (cf Tâche 0) ainsi que ii) d'observer les connectivités structurelles entre les éléments du paysage i.e. les bordures de champs, données nécessaires pour le diagnostic floristique (Tâche 2). Cette étape consiste en une phase de digitalisation et une phase de photo-interprétation des éléments surfaciques et linéaires du paysage à partir de photographies aériennes. Une vérification terrain sera nécessaire pour confirmer la photo-interprétation. Cette étape préalable à la campagne terrain de diagnostic floristique sera finalisée en avril 2016.

La seconde étape de caractérisation des trajectoires d'évolution s'appuiera sur une reconstitution de l'évolution des paysages agricoles de 2004 à nos jours par croisement de données multi-sources, à savoir à savoir la télédétection, les données fournies par les organismes publics tels que l'IGN (BD

TOPO, BD Carthage) ou encore les données de statistiques agricoles (Registre Parcellaire Graphique de 2012). Nous chercherons ainsi à distinguer d'éventuelles émergences de dynamiques agricoles, urbaines ou forestières.

2. A l'échelle du bassin versant

Cette phase consiste en une étude de l'occupation du sol sur plusieurs dates (1979-1988-2000-2010) à l'échelle du bassin versant. Cette phase est complémentaire de la précédente dans le sens où elle doit nous permettre de caractériser les éventuelles dynamiques agricoles i) sur le temps long et ii) à l'échelle du bassin versant. Elle doit également nous renseigner sur les rapports passés de l'agriculture aux zones ripariennes et aux versants.

Nous mobilisons ici la méthodologie décrite dans la Tâche 0 afin d'étudier l'évolution de la composition du paysage sur le temps long. Les données géographiques issues de la télédétection seront mises en relation avec des données statistiques agricoles et socio-économiques. C'est pourquoi les dates retenues (1979-1988-2000-2010) correspondent aux dates de mise en ligne du recensement agricole par le Ministère de l'Agriculture (base de données statistique concernant les exploitations agricoles sur le territoire).

Productions

Alignier A., Lanoë E., Deniau J., LeCoeur D. & Thenail C. (2015). What direct and indirect consequences of dam removal on flora biodiversity at a landscape level ? Study design. 6th World Conference on Ecological Restoration. Towards resilient ecosystems: restoring the urban, the rural and the wild. Manchester - UK, 23-27 Août 2015. *Poster*.

Delisle M., Muller I. Bernez I. (2015) Herbaceous vs. trees as ecological indicators of riparian banks health of headwater streams in agricultural catchment. Application to evaluation of ecological restoration success. SER2015 International 23 au 27 Aout 2015, Manchester, Angleterre. *Communication orale*

Delisle M., Vioux J., Bernez I. (2015) Restauration Ecologique Passive des ruisseaux : Exemple d'un partenariat entre scientifiques et gestionnaires pour évaluer et optimiser les pratiques en Basse Normandie. Penn Ar Bed, n°220, mars 2015

Deniau J., Dufour S., Boussard H., Alignier A., Lanoë E., Hubert-Moy L., Thenail C. (2015). Building up a diachronic analysis from multi-source data to characterize consequences of dam removal on agricultural landscape - biodiversity interactions. 6th World Conference on Ecological Restoration. Towards resilient ecosystems: restoring the urban, the rural and the wild. Manchester - UK, 23-27 Août 2015. *Communication orale*

Laslier M., Muller I., Hubert-Moy L., Corpetti T., Venturini E., Kaleski A., Nabucet J. & Dufour S. (2015). Modelling vegetation colonization in the context of dam removal using remote sensing and in situ observations. 6th World Conference on Ecological Restoration. Towards resilient ecosystems: restoring the urban, the rural and the wild. Manchester - UK, 23-27 Août 2015. *Communication orale*

Laslier M., Muller I., Fraisse S., Bernez I., Hubert-Moy L. & Dufour S. (2015). Restoration of riparian vegetation in a context of dam removal: Soil seed bank, in situ observations and remote sensing analysis to understand vegetation responses. Séminaire, Université de Lisbonne, Instituto superior de Agronomia, Portugal, 20 Octobre 2015. *Communication orale*.

Muller I. & Bernez I. (2015). Restoration potential of riparian vegetation in dam removal context in France: contribution of soil seed bank. 6th World Conference on Ecological Restoration. Towards resilient ecosystems: restoring the urban, the rural and the wild. Manchester - UK, 23-27 Août 2015. *Poster*.

Muller I. & Bernez I. (2015). Les graines dans les sédiments nous parlent du futur de la Sélune. Bulletin d'information du bassin versant de la Sélune. Novembre 2015.